

Оцінка функціональних можливостей нервово-м'язової системи спортсменів циклічних видів спорту

Складанівська І.В.

Державний науково-дослідний інститут фізичної культури та спорту

Анотація:

Мета: обґрунтувати та розробити методику оцінки функціональних можливостей нервово-м'язової системи у кваліфікованих спортсменів циклічних видів спорту. **Матеріал:** У дослідженні брали участь спортсмени циклічних видів спорту (n = 28). Тестування проводилось з використанням велоергометра. **Результати:** представлено методику оцінки функціональних можливостей нервово-м'язової системи спортсменів з використанням поверхневої електроміографії. Встановлено, що спортсмени з високими аеробними можливостями досягають другого електроміографічного порога при потужності роботи, що відповідає в середньому 80,5% $VO_{2\max}$. Виявлено вірогідний взаємозв'язок ($r=0,59$, $p\leq 0,05$) між максимальною концентрацією лактату крові та максимальною амплітудою електроміограми. **Висновки:** Використання наших підходів дозволяє оцінити резервний потенціал різних за типом м'язових волокон, від чого залежить схильність спортсмена до певного виду рухової активності. Розроблена система оцінки дає можливість визначення вкладу різних типів рухових одиниць для досягнення певних параметрів роботи.

Ключові слова:

м'язові волокна, електроміографія, поріг анаеробного обміну, анаеробний.

Складанівская И.В. Оценка функциональных возможностей нервно-мышечной системы спортсменов циклических видов спорта. **Цель:** обосновать и разработать методику оценки функциональных возможностей нервно-мышечной системы у квалифицированных спортсменов циклических видов спорта. **Материал:** В исследовании принимали участие спортсмены циклических видов спорта (n = 28). Тестирование проводилось с использованием велоэргометра. **Результаты:** представлена методика оценки функциональных возможностей нервно-мышечной системы спортсменов с использованием поверхностной электромиографии. Установлено, что спортсмены с высокими аэробными возможностями достигают второго электромиографического порога при мощности работы на уровне в среднем 80,5% $VO_{2\max}$. Выявлена достоверная взаимосвязь ($r = 0,59$, $p \leq 0,05$) между максимальной концентрацией лактата крови и максимальной амплитудой электромиограммы. **Выводы:** Использование наших подходов позволяет оценить резервный потенциал различных по типу мышечных волокон, от чего зависит склонность спортсмена к определенному виду двигательной активности. Разработанная система оценки дает возможность определения вклада различных типов двигательных единиц для достижения определенных параметров работы.

мышечные волокна, электромиография, порог анаэробного обмена, анаэробный.

Skladanivska I.V. Assessment of nervous-muscular system's potentials of cyclic kinds of sports sportsmen. **Purpose:** to work out and substantiate methodic of assessment of nervous-muscular system's potentials of elite sportsmen, representatives of cyclic kinds of sports. **Material:** in the research sportsmen of cyclic kinds of sports (n = 28) participated. Testing was conducted with the help of ergometer of bicycle type. **Results:** we present methodic of assessment of nervous-muscular system's potentials of elite sportsmen with the help of surface electromyography. It was found that sportsmen with high aerobic potentials reach second electromyography threshold with power of work, corresponding, in average, 80.5% $VO_{2\max}$. We also found confident correlation ($r=0.59$, $p\leq 0.05$) between maximal concentration of blood lactate and maximal amplitude of electromyogram. **Conclusions:** application of our approaches permits to assess reserve potential by type of muscle fibers, which influence on sportsman's bent to certain kind of motor functioning. The worked out assessment system permits to determine contribution of different motor units' types in achievement of required parameters of work.

muscle fibers, electromyography, threshold of anaerobic metabolism, anaerobic.

Вступ.

Функціональні можливості нервово-м'язової системи (НМС) спортсменів є одним із найважливіших факторів, що впливає на результат їх спортивної діяльності. Незважаючи на достатню кількість наукових даних [1, 2, 5, 12, 18] проблема контролю та оцінки функціональних можливостей НМС у якості основної складової функціональної системи руху спортсмена розкрито недостатньо.

На сьогоднішній день у практиці спорту для оцінки стану НМС використовують такі методи, як динамометрія та електронейроміографія [1 – 3, 17]. Однак, такого підходу недостатньо для комплексної оцінки функціональних можливостей даної системи. Розробка методів та підходів оцінки функціональних резервів НМС є актуальною проблемою спортивної науки. За сучасними уявленнями «функціональні резерви» розглядаються як потенційні можливості органу чи системи посилювати свою діяльність при максимальній мобілізації (тобто за умов максимальних зрушень гомеостазу) [4]. Відповідно, функціональні можливості НМС спортсмена віддзеркалюють максимальний діапазон зрушень даної системи для досягнення певного результату м'язової діяльності.

© Складанівська І.В., 2016

doi:10.15561/18189172.2016.0405

Нами проаналізовано можливості методу електроміографії (ЕМГ) (методу оцінки НМС), що базується на реєстрації та аналізі електричної активності м'язів чи нервів [2]. У сучасній практиці спорту широко використовують метод поверхневої електроміографії (ПЕМГ), що дозволяє одночасно реєструвати сумарну електроактивність різних м'язових груп. Так, за допомогою різних параметрів ПЕМГ оцінюють міжм'язову та внутрішньом'язову координацію, диференціюють м'язове стомлення та активацію різних типів рухових одиниць тощо [1, 5, 11, 17].

Аналіз сучасних даних [13, 14, 16] і власних досліджень [8, 9] дозволив встановити доцільність використання ПЕМГ для оцінки функціональних можливостей НМС спортсменів циклічних видів спорту.

Гіпотеза. Використання поверхневої електроміографії під час навантаження зростаючої потужності дозволяє виявити порогові зміни електроміограми, які обумовлені рекрутуванням різних типів м'язових волокон. Поява другого електроміографічного порогу відображає включення гліколітичних м'язових волокон у загальне зусилля, а отже – пов'язана з переважанням анаеробного механізму енергозабезпечення. За величинами потужності та споживання кисню на рівні електроміографічних порогів можна оцінити

резервні можливості різних типів м'язових волокон: окислювальних, перехідних та гліколітичних.

Мета дослідження – розробити та експериментально перевірити методику оцінки функціональних можливостей нервово-м'язової системи у кваліфікованих спортсменів циклічних видів спорту.

Матеріал та методи.

Учасники. Дослідження проведено на базі Державного науково-дослідного інституту фізичної культури та спорту за участю 28 кваліфікованих спортсменів циклічних видів спорту (академічне веслування $n = 18$, триатлон $n = 4$, легка атлетика $n = 6$; вік – 23,4 (4,8), зріст – 194,7 (6,8), вага – 93,0 (7,5).

Процедура. Тестування проводилось з використанням велоергометра Monark Ergomedic 894 та передбачало виконання безперервного навантаження зростаючої потужності: тривалість кожної сходинки становила 3 хв. (згідно з Machado F. A. 2013). Робота виконувалась до досягнення максимального споживання кисню ($VO_2 \max$). Велоергометричне тестування передбачало утримання постійної частоти обертів (кадансу) – 80 об./хв., початкова потужність становила 78 Вт, в подальшому збільшувалась на 23,6 Вт.

Ресстрація параметрів зовнішнього дихання та газообміну здійснювалась із використанням газоаналізатора «Oxuson Mobile» (Jeager, Німеччина). Було проведено аналіз таких показників: споживання кисню VO_2 , мл·хв⁻¹·кг⁻¹; % $VO_2 \max$; вентиляційний еквівалент за киснем $VEVO_2$. Визначення концентрації лактату у змішаній капілярній крові здійснювали наприкінці кожної сходинки навантаження із використанням біохімічного аналізатора «Dr. Lange» (Німеччина).

Під час виконання тестового навантаження реєстрували електроактивність найбільш задіяних у роботі м'язових груп за допомогою портативного електроміографа «MegaWin ME6000» (Mega Electronics Ltd, Фінляндія) згідно з рекомендаціями Команцева В.Н. (2006).

У статті наведено аналіз середніх значень амплітуди root mean square електроміограми (rmsEMG) m. Vastus Lateralis з дискретністю 10 секунд. Дослі-

джено порогові зміни електроміограми (EMG) – перший та другий електроміографічні порого (EMGT₁ та EMGT₂). Детально методика електроміографічного дослідження наведена у попередніх публікаціях [8, 9].

Поріг анаеробного обміну (ПАНО) диференціювали за появою вентиляційного (VT) та лактатного порогів (LT) [6].

Статистичний аналіз даних здійснювався з використанням програм Excel 2007 та Statistica 6. Вибірki даних дослідження були перевірені на нормальність розподілення. Для визначення вірогідності та значущості взаємозв'язків між двома параметрами використовували кореляційний аналіз Спірмена. З метою визначення вірогідності відмінностей між двома зв'язаними вибірками використовували непараметричний критерій Вілкоксона. Визначення вірогідності відмінностей між двома групами здійснювалось за критерієм Колмагорова-Смірнова.

Процедура дослідження здійснювалась згідно з принципами для всіх медичних досліджень, викладених у Хельсінській декларації 2008 року.

Результати дослідження.

В межах даного дослідження нами зіставлені величини потужності навантаження (W, Вт) та споживання кисню (VO_2 , мл·хв⁻¹·кг⁻¹) на рівні максимального споживання кисню ($VO_2 \max$) та при досягненні EMGT₂ у кваліфікованих спортсменів з різним рівнем аеробних можливостей: до першої групи віднесені спортсмени з високими аеробними можливостями, до другої – решта спортсменів (табл. 1). Розподіл спортсменів на групи здійснювали відповідно таких показників як: W та VO_2 на рівні ПАНО. Такі показники за сучасними уявленнями [6, 7] відображають аеробні можливості спортсмена.

Як видно з даних таблиці 1, у спортсменів першої групи VO_2 та W на рівні EMGT₂ достовірно вищі. Як відомо [7] максимальний потенціал окислювальних м'язових волокон (I тип) проявляється саме при досягненні ПАНО. Таким чином величини VO_2 та W навантаження на рівні EMGT₂ відображають аеробну здатність м'язів. Отже за показниками потужності

Таблиця 1. Потужність та споживання кисню на рівнях ПАНО, EMGT₂ та $VO_2 \max$ у спортсменів з різним рівнем розвитку аеробних можливостей ($\bar{X} \pm \delta$, $n = 28$)

Параметри	1 група (n = 8)	2 група (n = 20)	
Wmax, Вт	366, 6 ± 29,4	339,6 ± 38,1	
$VO_2 \max$, мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	47,2 ± 5,7	48,3 ± 8,4	
ПАНО	W, Вт	284 ± 33,9	209 ± 57,1*
	VO_2 , мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	41,5 ± 5,0	32,7 ± 7,45*
	W, Вт	294,1 ± 20,4	241,2 ± 36,0*
EMGT ₂	W,%	80,5 ± 4,3	70,8 ± 6,5*
	VO_2 , мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	38,4 ± 7,4	34,8 ± 6,7*
	VO_2 ,%	80,9 ± 9,5	72,2 ± 8,4*

*відмінності достовірні при $p \leq 0,05$

навантаження та споживання кисню при досягненні $EMGT_2$ можна оцінити резервні можливості окислювальних м'язових волокон. За результатами даного дослідження нами була розроблена шкала оцінки аеробних можливостей м'язів залежно від величин VO_2 та W при досягненні $EMGT_2$ (табл. 2).

З метою розробки методики оцінки функціональних можливостей гліколітичних м'язових волокон нами проаналізовано зміни амплітуди EMG після досягнення $EMGT_2$.

В межах даного дослідження проаналізовано взаємозв'язок між максимальною концентрацією лактату в крові та змінами амплітуди електроміограми. За сучасними уявленнями, рівень анаеробних можливостей спортсмена характеризуються саме величиною максимальної концентрації лактату в крові [12].

Із використанням кореляційного аналізу виявлено достовірний ($p \leq 0,05$) взаємозв'язок між величиною максимальної концентрації лактату крові та збільшенням амплітуди EMG (%) після досягнення $EMGT_2$ ($r = 0,50$) [а також величиною максимальної амплітуди EMG (мкВ)] ($r = 0,59$).

Нами зіставлені дві групи спортсменів: залежно від рівня максимальної концентрації лактату крові. До першої групи увійшли спортсмени з високими анаеробними можливостями (максимальна концентрація

лактату крові - $14,0 \pm 2,5$ ммоль·л⁻¹), до другої – решта спортсменів. Із використанням критерію Колмагорова-Смірнова у двох групах спортсменів порівнювалась амплітуда електроміограми після досягнення $EMGT_2$ (табл. 3).

Як видно з даних таблиці 3 дві групи спортсменів достовірно ($p \leq 0,05$) відрізняються за рядом електроміографічних параметрів. Так для спортсменів з кращими анаеробними можливостями притаманні більші величини максимальної амплітуди електроміограми (мкВ), приросту амплітуди електроміограми ($\Delta A, \%$) після досягнення другого електроміографічного порога. Як відомо [5, 16, 19], збільшення потужності навантаження після досягнення $EMGT_2$ можливе лише за рахунок підключення нових гліколітичних м'язових волокон та подальшою синхронізацією дії вже працюючих рухових одиниць. Тож тривалість роботи спортсмена після досягнення $EMGT_2$ значною мірою залежатиме саме від резервних можливостей гліколітичних м'язових волокон.

Отже, резервні можливості гліколітичних м'язових волокон можна оцінити за величиною максимальної амплітуди електроміограми та за приростом амплітуди EMG після досягнення $EMGT_2$. За результатами дослідження нами була розроблена інтегральна оцінка анаеробної здатності м'язів (табл. 4.)

Таблиця 2. Інтегральна оцінка аеробних можливостей м'язів кваліфікованих спортсменів з урахуванням потужності та споживання кисню при досягненні $EMGT_2$

Рівень аеробних можливостей м'язів	$VO_2, \%$	$W, \%$
Високий	$\geq 80,7$	$\geq 81,0$
Вище середнього	73,4 – 80,6	74,3 – 80,9
Середній	66,1 – 73,3	67,7 – 74,2
Нижче середнього	$\leq 66,0$	$\leq 74,1$

Таблиця 3. Величини VO_2 , W , амплітуди електроміограми (A_{max}) та приросту амплітуди EMG після досягнення $EMGT_2$ (ΔA) у спортсменів з різним рівнем анаеробних можливостей ($n = 18$, $X \pm \delta$)

Параметри	1 група ($n = 10$)	2 група ($n = 8$)	
$La, \text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$	$14,0 \pm 2,5$	$8,8 \pm 1,3^*$	
$W_{max}, \text{Вт}$	$332,5 \pm 29,1$	$349,0 \pm 38,7$	
$VO_{2max}, \text{мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$	$51,1 \pm 10,7$	$48,7 \pm 4,8$	
$A_{max}, \text{мкВ}$	$654,6 \pm 164,4$	$452,5 \pm 97,0^*$	
ΔA	A, мкВ	$371,6 \pm 127,2$	$213,5 \pm 99,7^*$
	A, %	$54,9 \pm 6,1$	$43,4 \pm 5,3^*$

*відмінності достовірні при $p \leq 0,05$

Таблиця 4. Інтегральна оцінка анаеробних можливостей м'язів залежно від приросту амплітуди електроміограми ($\Delta A, \%$) після досягнення $EMGT_2$

Рівень анаеробних можливостей м'язів	$\Delta A, \%$
Високий	$\geq 53,5$
Вище середнього	43,7 – 53,4
Середній	33,9 – 43,6
Нижче середнього	$\leq 33,8$

Дискусія.

За результатами експериментальних досліджень нами була розроблена та експериментально перевірена система оцінки функціональних можливостей НМС яка включає: диференціацію анаеробного порогу; оцінку резервних можливостей окислювальних та гліколітичних м'язових волокон.

За результатами даного і наших попередніх досліджень [8, 9] при зіставленні величин потужності навантаження та споживання кисню (VO_2) на рівні ПАНО та при досягненні $EMGT_2$) виявлено високий кореляційний взаємозв'язок: між VO_2 та потужністю навантаження при досягненні $EMGT_2$ та LT ($r = 0,72 - 0,93$, $p \leq 0,05$) і VT ($r = 0,79 - 0,93$, $p \leq 0,05$). Це слугує підґрунтям для використання методу електроміографії для диференціації ПАНО за появою $EMGT_2$. Ці результати узгоджується з даними досліджень Moritani T. [19], S. T. Candotti [10], Zuniga J. M. [20], де встановлювали взаємозв'язок між аеробно-анаеробним переходом енергозабезпечення та змінами електроактивності м'язів.

Результати нашого дослідження та досліджень А. Lucia [14], F. Hug [13] показали наявність двох електроміографічних порогів ($EMGT_1$ та $EMGT_2$). Появу двох порогів у висококваліфікованих спортсменів автори пояснюють можливістю включати в роботу різні типи м'язових волокон (перехідних та гліколітичних) у відповідь на підвищення інтенсивності навантаження до певного рівня. Автори досліджень пояснюють, що рекрутування нових рухових одиниць (особливо швидко скорочувальних: II-а та II-б типів) обумовлено механізмами розвитку стомлення локального і загального генезису. Виявлені у результаті дослідження наукові дані стали підґрунтям для розробки методики оцінки резервних можливостей різних за типом м'язових волокон з використанням поверхневої електроміографії.

Поява $EMGT_2$ свідчить про розвиток стомлення працюючих рухових одиниць, що і супроводжується підключення значної частини швидко скорочувальних (гліколітичних) м'язових волокон для підтримання необхідної величини м'язового зусилля. Таким чином нами обрано величину потужності навантаження та споживання кисню при $EMGT_2$ у якості критерію оцінки рівня аеробних можливостей м'язів: тобто функціональних можливостей окислювальних м'язових волокон.

Результати досліджень С. J. De Luca [11], S. Green [12], J. Maestu [16] свідчать про те, що зі збільшенням числа активованих швидко скорочувальних II-а та II-б типу (гліколітичних) м'язових волокон стрімкіше зростає амплітуда EMG. Це обумовлює збільшення вкладу анаеробного енергозабезпечення. Таким чином, значний приріст амплітуди електроміограми після досягнення $EMGT_2$ обумовлений здатніс-

тю нервово-м'язової системи до включення великої кількості швидко-скорочувальних м'язових волокон. Також синхронізації дії рухових одиниць і високими резервними можливостями швидко скорочувальних м'язових волокон. Тож величину приросту амплітуди після досягнення $EMGT_2$ нами обрано у якості критерію оцінки функціональних можливостей гліколітичних м'язових волокон і їх анаеробної здатності.

Опираючись на результати попередніх досліджень сучасних авторів [10, 13, 14, 18] та наших досліджень вперше була розроблена методика оцінки НМС із використанням даних поверхневої електроміографії при навантаженні зростаючої потужності у кваліфікованих спортсменів. Використання наших підходів дозволяє оцінити резервний потенціал різних за типом м'язових волокон. Від цього залежить схильність спортсмена до певного виду рухової активності. Основною перевагою розробленої системи оцінки є можливість визначення вкладу різних типів рухових одиниць для досягнення певних параметрів роботи.

У нашому дослідженні залишається невирішеним питання щодо інших можливих факторів (окрім рекрутуванні різних типів м'язових волокон та розвитку стомлення), які впливають на зміни поведінки електроміограми при максимальних навантаженнях. Це потребує подальшого вивчення та може бути використано у вдосконаленні розробленої методики оцінки НМС спортсменів.

Висновки.

У результаті даного дослідження розроблена та експериментально перевірена система оцінки функціональних можливостей НМС, яка включає: визначення анаеробного порогу за появою $EMGT_2$; оцінку резервних можливостей окислювальних м'язових волокон – за рівнем потужності роботи та споживання кисню при досягненні $EMGT_2$; оцінку резервних можливостей гліколітичних м'язових волокон – за приростом амплітуди електроміограми після досягнення другого $EMGT_2$.

Дану методику оцінки функціональних можливостей НМС рекомендовано для використання у практиці етапного та поточного контролю функціонального стану спортсменів циклічних видів спорту.

Перспективи подальших наукових досліджень полягають у вивченні факторів, що впливають на зміни поверхневої електроміографії у різних м'язових групах при максимальному навантаженні спеціальної спрямованості.

Вдячності.

Дослідження проведено в межах наукової теми 2015-3 «Удосконалення системи оцінки резервних можливостей спортсменів» (№ ДР 0115U000904).

Конфлікт інтересів.

Автори повідомляють, що не існує ніякого конфлікту інтересів.

Література

1. Городничев Р. М. Спортивная электронейромиография / Р. М. Городничев. – Великие Луки, 2005. – 287 с.
2. Капилевич Л. В. Физиологические методы контроля в спорте / Л. В. Капилевич, К. В. Давлетьярова, Е. В. Кошельская, Ю. П. Бредихина, В. И. Андреев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 172 с.
3. Команцев В. Н. Методические основы клинической электронейромиографии / В. Н. Команцев. – Санкт-Петербург, 2006. – 134 с.
4. Мозжухин А. С. Система физиологических резервов спортсмена / А. С. Мозжухин // Тез. докл. XVI Всес. конф. – М., 1982. – С. 124 – 125.
5. Моногаров В. Д. Утомление в спорте / В. Д. Моногаров. – К.: Здоров'я, 1986. – 120 с.
6. Полищук Д. А. Лактатный порог и его использование для управления тренировочным процессом / Д. А. Полищук. – К.: Абрис, 1997. – Вып. 4. – 59 с.
7. Селуянов В. Н. Подготовка бегуна на средние дистанции. / В. Н. Селуянов. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 104 с.
8. Складанівська І. В. Використання методу поверхневої електроміографії для визначення анаеробного порогу у кваліфікованих спортсменів / І. В. Складанівська // Молода спортивна наука України. – 2015. – № 19. – Т. 3. – С. 164 – 168.
9. Складанівська І. В. Оцінка аеробних можливостей м'язів із використанням методу поверхневої електроміографії / І. В. Складанівська // Актуальні проблеми фізичної культури та спорту. – 2014. – № 32 (4). – С. 42–45.
10. Comparing the lactate and EMG thresholds of recreational cyclists during incremental pedaling exercise / T. C. Candotti, J. F. Loss, M. O. Melo, M. L. Torre, et al // *Can. J. Physiol. Pharmacol.* – 2008. – № 86. – P. 272 – 278.
11. De Luca C. J. Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans / C. J. De Luca // *Critical Reviews in Biomedical Engineering.* – 1984. – V. 11, № 14. – P. 251 – 259.
12. Green S. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems / S Green, B. Dawson // *Sports Med.* – 1993. – V 5. – №. 15. – P. 312 – 327.
13. Hug F. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists / F. Hug, D. Laplaud, B. Savin, L. Grelot // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2003. – V 90. – P. 643 – 646.
14. Lucia A. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography / A. Lucia, O. Sanchez, A. Carvajal, J. Chicharro // *Br. J. Sports Med.* – 1999. – № 33. – P. 178 – 185.
15. Machado F. A., Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests / F. A. Machado, A. C. Kravchychyn, C. S. Peserico, D. F. da Silva, P. V. Mezzaroba // *J. Sci. Med. Sport.* – 2013. – V. 16, № 3. – P. 276 – 280.
16. Maestu J. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue / J. Maestu, A. Chiccella, P. Purge, S. Ruosi // *Journal of Strength and Conditioning research.* – 2006. – V 20, № 4. – P. 824 – 28.
17. McComas A. J. *Skeletal muscle: form and function.* – McMaster University, 2001. – 407 p.
18. Mello R. G. Detection of anaerobic threshold by surface electromyography / R. G. Mello, L. F. Oliveira, J. Nadal //

References

1. Gorodnichev RM. *Sportivnaia elektronejromiografiia* [Sports electroneuromyography], Great Luke: 2005. (in Russian)
2. Kapilevich LV, Davlet'iarova KV, Koshel'skaia EV, Bredikhina IuP, Andreev LV. *Fiziologicheskie metody kontroliia v sporte* [Physiological methods of control in sports], Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publ.; 2009. (in Russian)
3. Komancev VN. *Metodicheskie osnovy klinicheskoi elektronejromiografii* [Methodic principles of clinic electroneuromyography], St. Petersburg; 2006. (in Russian)
4. Mozzhukhin AC. *Sistema fiziologicheskikh rezervov sportmena* [System of sportsman's physiological reserves]. *XVI Vsesoiuznaia konferenciia* [16th All-Union conference], Moscow; 1982, p. 124. (in Russian)
5. Monogarov VD. *Utomlenie v sporte* [Fatigue in sports], Kiev: Health; 1986. (in Russian)
6. Polishchuk DA. *Laktatnyj porog i ego ispol'zovanie dlia upravleniia trenirovochnym processom* [Lactate threshold and its usage for training process monitoring], Kiev: Abris; 1997. (in Russian)
7. Seluianov VN. *Podgotovka beguna na srednie distancii* [Training of middle distances runner], Moscow: SportAcademPress; 2001. (in Russian)
8. Skladanivska IV. *Vikorisannia metodu poverkhnevoi elektromiografii dlia viznachennia anaerobnogo porogu u kvalifikovanikh sportmeniv* [Application of surface electromyography method for determination of elite sportsmen's anaerobic threshold]. *Moloda sportivna nauka Ukraini*, 2015; 19(3): 164 – 168. (in Ukrainian)
9. Skladanivska IV. *Ocinka aerobnikh mozhlivostej m'iaziv iz vikorisanniam metodu poverkhnevoi elektromiografii* [Assessment of muscles' aerobic potentials eith the help of surface electromyography]. *Aktual'ni problemi fizichnoi kul'turi ta sportu*, 2014; 32(4): 42–45. (in Ukrainian)
10. Candotti TC, Loss JF, Melo MO, Torre ML, Pasini M, Dutra LA. Comparing the lactate and EMG thresholds of recreational cyclists during incremental pedaling exercise. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2008; 86: 272–278.
11. De Luca CJ. Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 1984; 14(11): 251–259.
12. Green S, Dawson B. Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med.* 1993; 15(5): 312 –327.
13. Hug F, Laplaud D, Savin B, Grelot L. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 90: 643 – 646.
14. Lucia A, Sanchez A, Carvajal A, Chicharro J. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. *Br J Sports Med.* 1999; 33: 178 – 185.
15. Machado FA, Kravchychyn AC, Peserico CS, da Silva DF., Mezzaroba PV. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests. *J Sci Med Sport.* 2013; 16(3): 276 –280.
16. Maestu J, Chiccella A, Purge P, Ruosi S. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue. *Journal of Strength and Conditioning research.* 2006; 20(4): 824 –828.
17. McComas AJ. *Skeletal muscle: form and function.* McMaster University; 2001.
18. Mello RG, Oliveira LF, Nadal J. Detection of anaerobic threshold by surface electromyography. *Proceedings of the*

- Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference New York City, USA. – 2006. – P. 6189 – 6192.
19. Moritani T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold / T. Moritani, T. Takashi, T. Matsumoto // *J. Appl. Physiol.* – 1993. – № 74. – P. 1729 – 1734.
20. Zuniga J. M. Electromyographic and gas exchange fatigue thresholds during incremental treadmill running / J. M. Zuniga, M. P. Bubak, B. E. Fisher, D. E. Neighbors // *Journal of Athletic Medicine.* – 2013. – V 1, № 2. – P. 99 – 109.
- 28th IEEE EMBS Annual International Conference. 2006 Aug 30-Sept 3. New York City: USA; 2006. p. 6189 –6192.
19. Moritani T, Takashi T, Matsumoto T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. *J Appl Physiol.* 1993; 74: 1729 –1734.
20. Zuniga JM, Bubak MP, Fisher BE, Neighbors DE. Electromyographic and gas exchange fatigue thresholds during incremental treadmill running. *Journal of Athletic Medicine.* 2013; 2(1): 99 – 109.

Информация об авторе:

Складанівська Інна Викторовна; <http://orcid.org/0000-0001-9011-8237>; Skladankain1@rambler.ru; Государственный научно-исследовательский институт физической культуры и спорта; ул. Физкультуры 1, корп. 2, г. Киев, 03680, Украина.

Цитуруйте эту статью как: Складанівська І.В. Оцінка функціональних можливостей нервово-м'язової системи спортсменів циклічних видів спорту // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2016. – N4. – С. 29–34. doi:10.15561/18189172.2016.0405

Электронная версия этой статьи является полной и может быть найдена на сайте: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/arhive.html>

Эта статья Открытого Доступа распространяется под терминами Creative Commons Attribution License, которая разрешает неограниченное использование, распространение и копирование любыми средствами, обеспечивающими должное цитирование этой оригинальной статьи (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>).

Дата поступления в редакцию: 04.07.2016
Принята: 26.07.2016; Опубликована: 30.08.2016

Information about the author:

Skladanivska I.V.; <http://orcid.org/0000-0001-9011-8237>; Skladankain1@rambler.ru; State Research Institute of Physical Culture and Sports; Str. Physical Education 1, Bldg. 2, Kiev, 03680, Ukraine.

Cite this article as: Skladanivska I.V. Assessment of nervous-muscular system's potentials of cyclic kinds of sports sportsmen. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2016;4:29–34. doi:10.15561/18189172.2016.0405

The electronic version of this article is the complete one and can be found online at: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/arhive-e.html>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Received: 04.07.2016
Accepted: 26.07.2016; Published: 30.08.2016